

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-243345

(43)Date of publication of application : 07.09.1999

(51)Int.Cl.

H03M 13/02

(21)Application number : 10-043186

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 25.02.1998

(72)Inventor : NISHITANI TAKUJI

HIRAI TATSUYA

MITA SEIICHI

NARA TAKASHI

UEHARA YOICHI

IDE HIROSHI

TSUKANO MASAKO

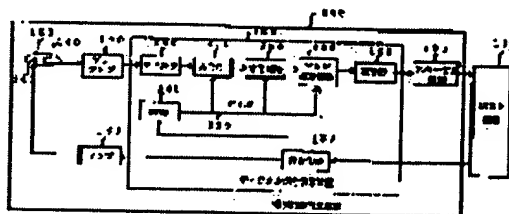
WATABE YOSHIHISA

## (54) ENCODING METHOD AND RECORDING AND REPRODUCING DEVICE USING THE SAME

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a record code whose distance between codes is long and also which has a short run length by receiving M-bit data and generating an N-bit code word in which a continuous number of one in a code word string is a 1st prescribed number or less and also a continuous number of zero is a 2nd prescribed number or less.

**SOLUTION:** A magnetically recording and reproducing device 100 records data outputted from a host device 110 such as a computer on a recording medium 150, also reads data recorded on the medium 150 and outputs it to the device 110. And in a digital signal decoding device 180, an encoder 120 and a decoder 185 uses the next code. A code recorded on the device 100 usually consists of 8-bit data that is called 1 byte. For instance, when 2 bytes (16-bits) data is converted into on 17-bit record data, a code word in which continuous zeros are 10-bits at largest in any part of the code and also continuous ones are 3-bits is configured.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-243345

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 3 M 13/02

識別記号

F I

H 0 3 M 13/02

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-43186

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月25日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 西谷 卓史

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株

式会社日立製作所システム開発研究所内

(72) 発明者 平井 達哉

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株

式会社日立製作所システム開発研究所内

(72) 発明者 三田 誠一

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会

社日立製作所ストレージシステム事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

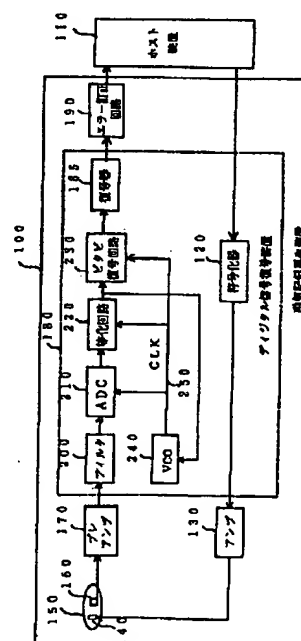
(54) 【発明の名称】 符号化方法およびそれを用いた記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 NRZ I 等の方法によってデータを記録再生する場合、符号化率の高い符号ではデータの反転回数が多く、しかもゼロのランレングスが長いために、記録再生に伴う復号誤り率が増加してしまうという欠点があった。

【解決手段】 磁気記録再生装置 100 における符号化器 120 でデータを符号化するに際し、符号語に含まれる 1 の連続数を 3 以下とし、しかもゼロの連続数を 1 以下とする符号化方法を提供ことにより、復号誤りの少ない記録再生装置を可能とした。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 M ビットのデータを N ビットの符号語に符号化する方法であって、

上記 M ビットのデータを受け取り、

上記符号語ビット列における 1 の連続数が第 1 の所定の数 K 以下であり、かつ上記符号語ビット列におけるゼロの連続数が第 2 の所定の数 L 以下である上記 N ビットの符号語を発生すること、

を特徴とする符号化方法。

【請求項 2】 前記請求項 1 に記載の符号化方法において、

データのビット数 M が 16、符号語のビット数 N が 17、第 1 の所定の数 K が 3、第 2 の所定の数 L が 10 であること、

を特徴とする符号化方法。

【請求項 3】 前記請求項 1 および 2 に記載の符号化方法において、

符号化された符号語の最上位および最下位のビット列における 1 の連続数が 2 以下であること、

を特徴とする符号化方法。

【請求項 4】 前記請求項 1 から 3 に記載の符号化方法において、

一連の上記符号語の連続する部分において、第 1 の符号語の下位ビットにおける 1 の連続数が 2 であり、かつ第 2 の符号語の上位ビットにおける 1 の連続数が 2 である場合、第 1 の符号語の下位 3 ビットないしは第 2 の符号語の上位 3 ビットがすべて 1 である符号語の組み合わせに変換し、第 1 と第 2 の符号語の連続する部分において 1 の連続数が 3 以下とすること、を特徴とする符号化方法。

【請求項 5】 M ビットのデータを N ビットの符号語に符号化する符号化器を有する記録再生装置において、

上記符号化器は、上記 M ビットのデータを受け取り、上記符号語ビット列における 1 の連続数が第 1 の所定の数 K 以下であり、かつ上記符号語ビット列におけるゼロの連続数が第 2 の所定の数 L 以下である上記 N ビットの符号語を発生することを特徴とする記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 データを符号化して記録し再生と復号を行う装置に関し、特にデータの符号化と復号の方法および回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 本発明は、記録再生装置にデータを符号化して記録し、再生と復号を行う装置において、記録するデータを符号に変換するに際し、再生信号からの復号誤りの少ない符号化方法および復号方法とその回路に関する。

【0003】 発明の理解のために、従来技術について簡単に述べる。これらは、ビタビ復号とトレリス表現、パ

ーシャル・レスポンス・チャネル、に関する説明を含む。以下、磁気記録チャネルを例として説明する。磁気記録チャネルは、周波数応答が微分器およびローパス・フィルタが直列に接続されたものに類似している。また、磁気記録チャネルは、D を 1 時刻の遅延演算子とするとその符号間干渉が、 $(1-D)(1+D)^n$  ( $(1+D)$  の  $n$  乗) ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) のインパルス応答を持つパーシャル・レスポンス・チャネルとしてモデル化される。符号間干渉が  $(1-D)(1+D)$  でモデル化されるチャネルは、1 および 0 (あるいは一般的に  $+a$ ,  $-a$ ) の 2 進符号は、 $+1$ ,  $0$  および  $-1$  (あるいは、 $+c$ ,  $0$ ,  $-c$ ) の 3 値出力となる。また、インパルス応答が  $(1-D)(1+D)^2$  でモデル化されるチャネルは拡張 P R 4 あるいは E P R 4 と呼ばれ、1 および 0 (あるいは一般的に  $+a$ ,  $-a$ ) の 2 進符号は  $+2$ ,  $+1$ ,  $0$ ,  $-1$ ,  $-2$  (あるいは、 $+2c$ ,  $+c$ ,  $0$ ,  $-c$ ,  $-2c$ ) の 5 値出力となる。さらに、インパルス応答が  $(1-D)(1+D)^3$  でモデル化されるチャネルは拡張 E P R 4 あるいは E E P R 4 と呼ばれ、1 および 0 (あるいは一般的に  $+a$ ,  $-a$ ) の 2 進符号は  $+3$ ,  $+2$ ,  $+1$ ,  $0$ ,  $-1$ ,  $-2$ ,  $-3$  (あるいは、 $+3c$ ,  $+2c$ ,  $+c$ ,  $0$ ,  $-c$ ,  $-2c$ ,  $-3c$ ) の 7 値出力となる。

【0004】 以上のように、磁気記録チャネルでは 2 進符号が 3 値、5 値あるいは 7 値の信号に変換される。この 3 値、5 値あるいは 7 値の信号系列から 1 および 0 の 2 進符号を生成するようにビタビ復号される。

【0005】 ビタビ復号は、N 状態 (畳み込み符号の符号器の記憶メモリ長を  $m$  とした時に  $2$  の  $m-1$  乗となる) を持つ任意の有限状態マシン (finite state machine) として表現できる。この有限状態マシンのある時刻  $k$  の状態 (N 個) を縦方向にならべたノードで表現し、各状態から時刻  $(k+1)$  の各状態への遷移をブランチとして表現する 2 次元グラフの形式をトレリス線図という。

【0006】 ビタビ復号はトレリス線図上で最短パスを探索するのに用いられ、多段決定過程に対する動的プログラミング問題と等価となる。ビタビ復号器は、符号間干渉を有する帯域制限のあるチャネルにおける伝送系列の最尤推定を行うのに用いられる。すなわち、可能な符号系列の中から、例えば、受信信号系列の自乗誤差の総和など、受信信号の系列に関する距離メトリック (距離関数) を最小化する符号系列を選択する。

【0007】 磁気記録においては、記録されたデータと同時にデータのサンプリングを行うタイミングも再生信号から抽出する必要がある。このため、一定のデータビット数以上は 0 が継続しない、つまり 0 のランレングスが一定数以下の符号に変換して記録するのが一般的である。このような符号として 8/9 G C R 符号あるいは 16/17 G C R 符号が知られている。一方、ビタビ復号では記録符号が持つ符号間の距離によって復号誤り率が

決まる。しかしながら、ランレングスが短く、しかも符号間の距離の大きい符号を構成することが困難であるという問題があった。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、符号間の距離が大きく、しかもランレングスの短い記録符号を提供し、ひいては復号誤り率の低い記録再生装置を提供することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の目的は、符号間の距離が大きく、しかもランレングスの短い符号を用いて記録・再生を行うことによって達成される。

【0010】本発明による非線形波形歪補正方法および回路は、(a) データを記録符号に変換する符号化器と、(b) 復号結果を元のデータに変換する復号器と、を含む。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明による記録再生装置の一実施形態について、図面を参照して説明する。図1は本発明を用いた磁気記録再生装置を示す。磁気記録再生装置内部10はデータが書き込まれている磁気ディスク円盤20、ディスク円盤20を回転させるスピンドルモータ30、ディスク円盤20からデータの読み出しを行うヘッド40、ヘッド40を支えるアーム35、ヘッド40を移動させるためのボイスコイルモータ45、ヘッドからの信号を増幅するリードライトアンプ50からなる。

【0012】また、磁気記録再生装置電子回路部60は、ホスト等の情報処理装置に接続するためのインターフェイス70、インターフェイス70の入出力を制御するインターフェイス制御回路75、データの受け渡し及びフォーマット等の制御をする磁気ディスクコントローラ80、マイコン85、リードライトアンプ50からの信号を処理する信号処理回路90、スピンドルモータ30を制御するためのスピンドル制御回路95、ボイスコイルモータ45を制御するボイスコイルモータ制御回路98からなる。

【0013】本発明の適用対象となる磁気記録・再生装置の信号の流れの概略を、図2を参照して説明する。なお、本実施形態ではデータの記録および再生が可能な装置に含まれるデジタル信号復号装置について説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばデータの再生専用装置等に含まれるデジタル信号復号装置にも適用することができる。

【0014】磁気記録・再生装置100は、コンピュータ等のホスト装置110から出力されたデータを記録媒体150に記録すると共に、該記録媒体150に記録されたデータを読み出しホスト装置110へ出力する。磁気記録・再生装置100は、例えば図2に示すように、データを記録媒体150に書き込むための主要な構成と

して、符号化器120、アンプ130、及び書き込みヘッド140を備え、さらに、データ読み出しのための主要な構成として、読み取りヘッド160、プリアンプ170、デジタル信号復号装置180、復号器185、及びエラー訂正回路190を備えている。

【0015】本発明が適用されるデジタル信号復号装置180において、磁気ディスク等の記録媒体150から読み取りヘッド160によって読み出された信号は、プリアンプ170によって増幅されたあと、フィルタ200によって高周波ノイズが除去される。高周波ノイズが除去された再生信号は、ADC（アナログ／デジタル変換器）210によってデジタル信号に変換されたあと、等化回路220によって復号のための等化が行われる。ここで、等化とは、再生された信号の振幅特性および位相特性を整形、アナログ的な値を持つデジタル信号を元の“1”あるいは“0”のデジタル信号に識別しやすくすることを指す。

【0016】等化された信号は、ビタビ復号回路230によってデジタル信号に識別再生され、復号器185によって元のデータに変換される。VCO240は、等化回路220の出力を用いて、各部の動作タイミングを決めるクロック信号CLK250を生成する。

【0017】本実施形態では、上述したデジタル信号復号装置180において、符号化器120と復号器185に、以下に説明するような符号を用いることで上述した本発明の目的を達成するものである。

【0018】通常の場合、記録再生装置に記録される符号は1バイトと呼ばれる8ビットのデータから構成される。本実施例では、2バイト（16ビット）のデータを17ビットの記録データに変換する。

【0019】符号のいずれの部分においても0の連続が最大10ビットであり、しかも1の連続は最大3ビットである符号語を構成する。符号語を構成するにあたり、まず8ビットの符号を考える。符号の先頭においては1が3ビット連続する場合を許し、符号の末尾では1は最大2ビットしか連続しないとすると、10進数に変換して符号を表わすと図3に示す193個の符号となる。図3に示した符号語を分類すると図4のようになる。図4に示した(i)から(vii)の符号の条件とそれぞれの個数は以下の通りである。

#### 【0020】

- |                     |      |
|---------------------|------|
| (i) 先頭から0の連続が4個以下   | 186個 |
| (ii) 先頭から0の連続が3個以下  | 179個 |
| (iii) 先頭から0の連続が2個以下 | 166個 |
| (iv) 先頭から0の連続が1個以下  | 141個 |
| (v) 先頭から1の連続が1個以下   | 152個 |
| (vi) 先頭が0           | 100個 |
| (vii) 先頭が110        | 27個  |

以上の7種類の符号を組み合わせるとランレングスが10以下の符号を構成する。以下では、上記の7種類の符号

を反転した符号を(i')のごとく表わす。

【0021】ランレングスが10以下であり、先頭と末尾での1の連続は2個以下、符号の内部での1の連続は3個以下の符号語は以下の組み合わせで構成できる。ここに、( ) と ( ) の間の数字は16ビットを17ビットに変換する際に挿入する中心のビットの値である。

【0022】

- |     |                   |                                   |
|-----|-------------------|-----------------------------------|
| (a) | (i')0(i)          | $186 \times 186 = 34596$ 個        |
| (b) | (00000000)0(iv)   |                                   |
|     | (iv')0(00000000)  | $141 \times 2 = 282$ 個            |
| (c) | (10000000)0(iii)  |                                   |
|     | (iii')0(00000001) | $166 \times 2 = 332$ 個            |
| (d) | (01000000)0(ii)   |                                   |
|     | (11000000)0(ii)   |                                   |
|     | (ii')0(00000010)  |                                   |
|     | (ii')0(00000011)  | $179 \times 4 = 716$ 個            |
| (e) | (00100000)0(i)    |                                   |
|     | (10100000)0(i)    |                                   |
|     | (01100000)0(i)    |                                   |
|     | (i')0(00000100)   |                                   |
|     | (i')0(00000101)   |                                   |
|     | (i')0(00000110)   | $186 \times 6 = 1116$ 個           |
| (f) | (v)1(v)           | $152 \times 152 = 23104$ 個        |
| (g) | (vi')1(vii)       |                                   |
|     | (vii')1(vi)       | $27 \times 100 \times 2 = 5400$ 個 |

以上合計で65546個の符号語があり、16ビットのデー

表1

| ユーザデータの値       |         | 符号の番号                  |       |            |
|----------------|---------|------------------------|-------|------------|
| #0_byte        | #1_byte | #0_byte                | 中心ビット | #1_byte    |
| 0-185          | 0-185   | (a) #7-#192            | 0     | #7-#192    |
| 186-255        | 186-255 | (f) #82-#151           | 1     | #82-#151   |
| 186-255        | 104-185 | (f) #82-#151           | 1     | #0-#81     |
| 104-185        | 186-255 | (f) #0-#81             | 1     | #82-#151   |
| 残り 0-103       | 186-255 | (b) #0                 | 0     | #52-#192   |
| 186-255        | 0-103   | (b) #52-#192           | 0     | #0         |
|                |         | (c) #1                 | 0     | #27-#192   |
|                |         | (c) #27-#192           | 0     | #1         |
|                |         | (d) #2, #3             | 0     | #14-#192   |
|                |         | (d) #14-#192           | 0     | #2, #3     |
|                |         | (e) #4, #5, #6         | 0     | #7-#192    |
|                |         | (e) #7-#192            | 0     | #4, #5, #6 |
|                |         | (f) #0-#81             | 1     | #0-#81     |
|                |         | (g) #152-#178          | 1     | #0-#99     |
|                |         | (g) #0-#99             | 1     | #152-#178  |
| 7280*2=14560 個 |         | 6724+2446+5400=14570 個 |       |            |

【0026】次に第2ステップでは、表2に表わすように、残りの部分に(g)の符号語と(f)の残りの符号語を割り付ける。

タの符号化に必要な65536個以上の符号語がある。

【0023】上記の符号語をデータに割り付ける。割り付けは2バイトのデータの第1バイト(#0バイト)と第2バイト(#1バイト)の値に対してできるだけ対称となるようにする。

【0024】第1ステップでは、まず、次のように(a)の符号語と(f)の符号語の一部を割り付ける。残りは、データが14560個、符号語が14570個となる。なお、符号の番号は図3に示した符号の番号であり、(a)～(f)は前記符号語の組み合わせを表1に表わす。

【0025】

【表1】

【0027】

【表2】

表 2

| ユーザデータの値 |         | 符号の番号          |       |            |
|----------|---------|----------------|-------|------------|
| #0_byte  | #1_byte | #0_byte        | 中心ビット | #1_byte    |
| 0- 99    | 186-212 | (g) #0-#99     | 1     | #152-#178  |
| 186-212  | 0- 99   | (g) #152-#178  | 1     | #0-#99     |
| 0- 40    | 213-253 | (f) #0-#40     | 1     | #0-#40     |
| 41- 81   | 213-253 | (f) #41-#81    | 1     | #0-#40     |
| 213-253  | 0- 40   | (f) #0-#40     | 1     | #41-#81    |
| 213-253  | 41- 81  | (f) #41-#81    | 1     | #41-#81    |
| 残り       |         | (b) #0         | 0     | #52-#192   |
| 82- 89   | 213-253 | (b) #52-#192   | 0     | #0         |
| 82- 99   | 254-255 | (c) #1         | 0     | #27-#192   |
| 100-103  | 213-255 | (c) #27-#192   | 0     | #1         |
| 100-103  | 186-212 | (d) #14-#192   | 0     | #2, #3     |
| 254-255  | 0- 81   | (d) #2, #3     | 0     | #14-#192   |
| 213-253  | 82- 99  | (e) #4, #5, #6 | 0     | #7-#192    |
| 254-255  | 82- 99  | (e) #7-#192    | 0     | #4, #5, #6 |
| 213-255  | 100-103 |                |       |            |
| 186-212  | 100-103 |                |       |            |

1218\*2=2436 個

2446 個

【0028】次に第3ステップでは、表3に表わすように残りのデータに残りの符号語(c)を割り付ける。

【0029】

【表3】

表 3

| ユーザデータの値 |         | 符号の番号          |       |            |
|----------|---------|----------------|-------|------------|
| #0_byte  | #1_byte | #0_byte        | 中心ビット | #1_byte    |
| 0- 81    | 254     | (c) #27-#108   | 0     | #1         |
| 0- 81    | 255     | (c) #109-#190  | 0     | #1         |
| 254      | 0- 81   | (c) #1         | 0     | #27-#108   |
| 255      | 0- 81   | (c) #1         | 0     | #109-#190  |
| 82- 99   | 213-255 | (b) #0         | 0     | #52-#192   |
| 100-103  | 186-255 | (b) #52-#192   | 0     | #0         |
| 213-255  | 82- 99  | (d) #14-#192   | 0     | #2, #3     |
| 186-255  | 100-103 | (d) #2, #3     | 0     | #14-#192   |
|          |         | (e) #4, #5, #6 | 0     | #7-#192    |
|          |         | (e) #7-#192    | 0     | #4, #5, #6 |

1218\*2=2108 個

2114 個

【0030】次に第4ステップでは、表4に表わすように、残りのデータに残りの符号語のうち(d)を割り付ける。

【0031】

【表4】

表 4

| ユーザデータの値 |         | 符号の番号         |       |           |
|----------|---------|---------------|-------|-----------|
| #0_byte  | #1_byte | #0_byte       | 中心ビット | #1_byte   |
| 94- 95   | 213-255 | (d) #2, #3    | 0     | #14-#56   |
| 96- 97   | 213-255 | (d) #2, #3    | 0     | #57-#99   |
| 98- 99   | 213-255 | (d) #2, #3    | 0     | #100-#142 |
| 100-101  | 186-235 | (d) #2, #3    | 0     | #143-#192 |
| 213-255  | 94- 95  | (d) #14-#56   | 0     | #2, #3    |
| 213-255  | 96- 97  | (d) #57-#99   | 0     | #2, #3    |
| 213-255  | 98- 99  | (d) #100-#142 | 0     | #2, #3    |
| 186-235  | 100-101 | (d) #143-#192 | 0     | #2, #3    |
| 82- 93   | 213-255 | (b) #0        | 0     | #52-#192  |
| 100-101  | 236-255 | (b) #52-#192  | 0     | #0        |
| 102-103  | 186-255 | (e) #4-#6     | 0     | #7-#192   |
|          |         | (e) #7-#192   | 0     | #4-#6     |

1392 個

1398 個

【0032】最後に第5ステップでは、表5に表わすように残りのデータに残りの符号語(b)と(e)を割り付ける。

【0033】

【表5】

表 5

| ユーザデータの値 |         | 符号の番号         |       |           |
|----------|---------|---------------|-------|-----------|
| #0_byte  | #1_byte | #0_byte       | 中心ビット | #1_byte   |
| 100-101  | 236-249 | (e) #4-#5     | 0     | #179-#182 |
| 100      | 250-255 | (e) #6        | 0     | #179-#184 |
| 101      | 250-255 | (e) #6        | 0     | #179-#184 |
| 102      | 186-255 | (b) #0        | 0     | #185-#190 |
| 103      | 186-255 | (b) #0        | 0     | #122-#191 |
| 236-249  | 100-101 | (e) #179-#182 | 0     | #4-#5     |
| 250-255  | 100     | (e) #179-#184 | 0     | #6        |
| 250-255  | 101     | (e) #185-#190 | 0     | #6        |
| 186-255  | 102     | (b) #52-#121  | 0     | #0        |
| 186-255  | 103     | (b) #122-#191 | 0     | #0        |

【0 0 3 4】以上をまとめると、符号化は図 5 のように 2 バイトのデータの 4 0 個の組み合わせで行うことができる。図 5 では符号化を行う変換テーブル図 3 にあわせて符号化される番号で示した。したがって、符号化はまず 2 バイトのデータ  $x_0, x_1$  が図 5 に示したユーザデータのどの範囲にあるかを判定し、右側の値  $y_0$ 、および  $y_1$  を求めたあと、 $x_0+y_0$ 、と  $x_1+y_1$  番目の符号をそれぞれ図 3 から検索し、最後に中心ビットとして 0 または 1 を図 5 にしたがって挿入すればよい。

【0 0 3 5】演算子  $1/(1+D)$  に従ってプリコードを行っ

```
00110011001100110
01100110011001100
11001100110011001
10011001100110011
```

以上の方法で符号化を行った場合、17 ビットの符号の下位 2 ビットが 1 であり、それに続く 17 ビットの符号の上位 2 ビットが 1 の場合、符号の接続部において 1 が 4 個連続することになる。このようなビット列を、1 が

```
...0011,1100... → ...0111,0100...
...0011,1101... → ...0111,0101...
...1011,1100... → ...1010,1110...
...1011,1101... → ...1000,1110...
```

(数 2)

つまり、第 1 の符号で下位 2 ビットが 1 であり、第 2 の符号で上位 2 ビットが 1 以上である場合、第 1 の符号の最下位 3 ビットないしは第 2 の符号最上位 3 ビットが 1 であるビット列に変換する。本実施例で述べた符号化方法では符号の最上位 3 ビットまたは最下位 3 ビットが 1 1 1 となる符号はないため、ビタビ復号後に、符号の最上位ビットあるいは最下位ビットに数 2 の右側のビットパターンが現れた場合は左側のビットパターンに逆変換

```
...0000,0000... → ...0010,1110...
...0000,0001... → ...0000,1110...
...0000,0010... → ...0111,0010...
...0000,0011... → ...0111,0110...
...1000,0000... → ...0111,0000...
...0100,0000... → ...0100,1110...
...1100,0000... → ...0110,1110...
```

(数 3)

つまり、第 1 の符号の最下位 4 ビットがすべて 0、ないしは第 2 の符号で上位 4 ビットがすべて 0 である場合、第 1 の符号の最下位 3 ビットないしは第 2 の符号の最上位 3 ビットがすべて 1 であるビット列に変換する。本実

た場合、(1-D) (1+D) 3 という応答を持つ EPRML チャネルで復号した場合、'1100' のビット列が繰り返す符号を用いると、ビタビ復号において復号結果が一意に定まらない場合が発生する。このようなビット列を除くために、前記の手順で符号化を行い、'1100' のビットパターンを含む以下の 4 個の符号語を、符号化に使用しなかった 10 個の符号語の中の適当な符号語に置き換えても良い。置き換えを行う '1100' のビット列を含む符号語は以下の 4 個である。

【0 0 3 6】

(数 1)

3 回以上連続しない符号とするために、符号と符号の接続部で次のような変換を行う。

【0 0 3 7】

してから 16 / 17 符号の復号を行えば良い。

【0 0 3 8】さらに、以上の方法で符号化を行った場合、17 ビットの符号の下位 10 ビットが 0 であり、それに続く 17 ビットの符号の上位 10 ビットが 0 の場合、0 のランレングスは最大 20 となる。このような長いランレングスを解消するために、符号と符号の接続部分で次のような変換を行う。

【0 0 3 9】

実施例で述べた符号化方法では符号の最上位ビット 3 ビットまたは最下位 3 ビットが 1 1 1 となる場合はなく、しかも数 2 の変換と数 3 の変換に重複はないため、ビタビ復号後に、数 3 の右側のビットパターンが現れた場合は



左側のビットに逆変換してから 16 / 17 符号の復号を行えば良い。

【0040】以上で述べた符号語の接続部の変換により、0 の連続数が 1 個だけ増加する場合がある。したがって、接続部の変換を行って記録される連続した符号語における 0 の連続は最大 11 個となる。

【0041】符号化器 120 の回路を図 6 を用いて説明する。まず 8 ビット (1 バイト) のデータ  $x_0$  が遅延素子 (D と略す) 360 と比較器 300 に入力される。比較器 300 ではデータ  $x_0$  の値が図 4 に対応したどの範囲に入っているかを判定するための比較が行われる。具体的には、以下の 20 個の定数値との比較が行われる。

【0042】41, 82, 85, 88, 91, 94, 96, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 186, 213, 235, 236, 249, 250, 254

データ  $x_0$  より 1 クロック遅れてデータ  $x_1$  が比較器 300 に入力され、 $x_0$  と同様に前記の 20 個の定数値との比較が行われる。次のクロックでデータ  $x_0$  およびデータ  $x_1$  に対する比較結果がデコーダ 310 に入力される。デコーダ 310 は図 4 に示した符号付き 8 ビットの値  $y_0$ ,  $y_1$  および中心ビットの値 1 ビットを出力する。遅延素子 363 と 365 によってタイミングを調整されたデータ  $x_0$ ,  $x_1$  とデコーダの出力  $y_0$ ,  $y_1$  がそれぞれ加算器 (ADD と略す) 320 と 330 で加算され 17 ビットの符号の前半部と後半部の 8 ビットの符号の番号が生成される。選択器 (SEL と略す) 340 でまず  $x_0+y_0$  が選択され、デコーダ 350 によって図 3 に示したテーブル (10 進数で示している) の 8 ビットのデータが出力される。次のクロックで選択器 340 は  $x_1+y_1$  を選択し、デコーダ 350 は  $x_1+y_1$  に対応する 8 ビットのデータを出力する。中心の 1 ビットのデータと、 $x_0+y_0$  および  $x_1+y_1$  に対応した 8 ビットのデータは遅延素子 368 と 367 によってタイミングを調整され、ラッチ (LT と略す) 370 に格納される。ラッチ 370 のデータは 1 クロック毎に順次ラッチ 375、ラッチ 376 に送られ、ラッチ 376 から 17 ビットのデータが記録データとして出力される。ラッチ 375 に格納された 17 ビットのデータの上位 4 ビットと、ラッチ 376 に格納された 17 ビットのデータの下位 1 ビットはビット補正回路 380 に接続されており、それぞれのビットが数 2 の左側に示した条件を満足した場合、ラッチ 375 と 376 内のデータパターンが数 2 の右側のパターンに変換される。数 3 に示したデータパターンの場合も数 3 に従って同様なデータの変換が実行される。

【0043】図 6 に示したエンコーダの実施例では、データの上位 8 ビットと下位 8 ビットに対して一つの比較器 300 およびデコーダ 310 を用いたが、別々の比較器およびデコーダを設けても良いことは勿論である。

【0044】次に、復号器 185 について説明する。復号器 185 は図 7 に示すようにビタビ復号回路 230 の

17 ビットの出力を元の 16 ビット (2 バイト) のデータに変換する。まず、17 ビットのデータを  $s_0$  (前半の 8 ビット) と中心の 1 ビットと  $s_1$  (後半の 8 ビット) に分割し、 $s_0$  と  $s_1$  の値を図 8 のテーブルに従って変換する。図 8 は復号されたデータから得られた  $s_0$  と  $s_1$  を図 7 に示したテーブルに従ってデータの番号  $z_0$  および  $z_1$  にそれぞれ変換するものである。図 7 では図 3 に含まれないデータは 10 進数で 255 としている。変換されたデータ  $z_0$  と  $z_1$  および中心の 1 ビットのデータから図 8 に従って補正值  $r_0$  および  $r_1$  を求める。具体的には、データ  $z_0$  と  $z_1$  に対しそれぞれ以下の 25 個の定数値と比較が行われ、図 8 の該当する値の範囲から補正值  $r_0$  および  $r_1$  が求められる。

【0045】1, 2, 4, 6, 7, 14, 27, 41, 50, 52, 57, 82, 93, 100, 109, 122, 136, 143, 152, 179, 185, 186, 191, 192, 193

補正值  $r_0$ ,  $r_1$  と  $z_0$ ,  $z_1$  を加算すると、図 5 の  $y_0$  と  $y_1$  から  $x_0$  と  $x_1$  への変換に相当する変換が行われ、 $r_0+z_0$  が元の 1 番目のデータ、 $r_1+z_1$  が元の 2 番目のデータとなる。

【0046】復号器 185 の構成を図 9 を用いて説明する。復号回路 230 から送られる復号結果はラッチ 490 に入る。ラッチ 490 のデータは、ラッチ 491 を介してラッチ 400 に出力される。ラッチ 490 と 491 では、ラッチ 490 内の下位ビットとラッチ 491 内の上位ビットが符号化器 120 でのビットパターンの変更に一致した場合はその逆のビットパターンの変換が行われる。ラッチ 400 内の上位 8 ビットが選択器 410 により選択されデコーダ 420 に送られる。デコーダ 420 では上位 8 ビットの値が図 7 にしたがってデコードされラッチ 485 に格納される。次のクロックでラッチ 485 内の値が前記 25 個の定数値と比較され遅延素子 483 に保持される。ラッチ 400 内の下位 8 ビットのデータは遅延素子 480 を介して 1 クロック遅延された後、選択器 410 に送られ、デコーダ 420 で図 7 に従ってデコードが行われる。デコード結果はラッチ 485 を介して比較器 430 に送られ、前記 25 個の定数値と比較される。遅延素子 483 で 1 クロック遅延された上位 8 ビットの比較器 430 の出力と、下位 8 ビットの比較器 430 の出力と、遅延素子 481 および 482 でタイミングを調整されたラッチ 400 内の中心の 1 ビットがデコーダ 440 に入力され、図 8 に従って補正值  $r_0$  および  $r_1$  が計算される。デコーダ 440 の出力は、遅延素子 484 でタイミングを調整された復号器デコーダ 420 の出力と加算される。つまり、加算器 450 では上位 8 ビットに対する  $z_0+r_0$  が計算され、加算器 460 では下位 8 ビットに対する  $z_1+r_1$  が計算される。加算器 450 と加算器 460 の出力はラッチ 470 に格納されたあと、16 ビットのデータとしてエラー訂正回路 190 に送られる。

【0047】図 9 に示した復号器の実施例では、データ

の上位8ビットと下位8ビットに対して一つのデコーダ420および比較器430を用いたが、別々のデコーダおよび比較器を設けても良いことは勿論である。

【0048】本実施例においては磁気記録再生装置を例として説明を行ったが、光磁気記録再生装置あるいは再生専用の装置にも全く同様に用いることができることは勿論である。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、NRZ法等に特に適した符号化方法が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の適用対象である磁気記録再生装置の構成図である。

【図2】従来技術による磁気記録再生装置の信号の概略流れ図である。

【図3】符号化器における符号語の要素と等価な10進表示の数値を示す図である。

【図4】符号化に用いる符号語の要素の分類を示す図である。

【図5】符号化におけるデータの値と符号の番号との対応を示す図である。

【図6】本発明による符号化器の実施例を示す図である。

【図7】復号器における符号語と符号の番号の対応を等価な10進表示の数値で示した図である。

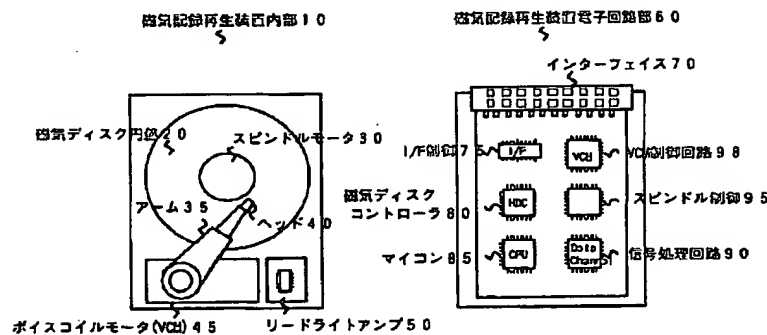
【図8】復号器における符号の番号とデータとの対応を示す図である。

【図9】本発明による復号器の実施例を示す図である。

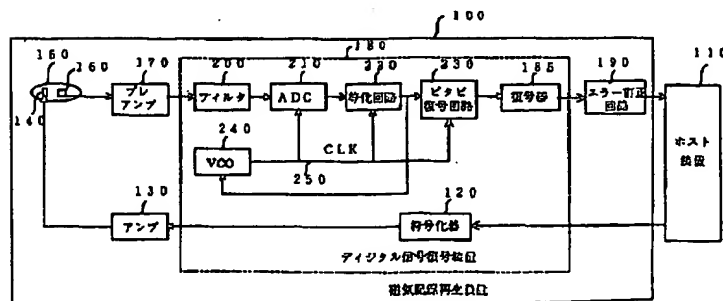
【符号の説明】

10…磁気ディスク装置内部、60…磁気ディスク電子回路部、100…磁気記録再生装置、120…符号化器、130…アンプ、140…磁気記録書込ヘッド、150…磁気記録媒体、160…磁気記録再生ヘッド、170…プレアンプ、180…デジタル信号復号装置、185…復号器、190…エラー訂正回路、200…フィルタ、210…アナログ/デジタル変換器、220…等化回路、230…復号回路

【図1】



【図2】

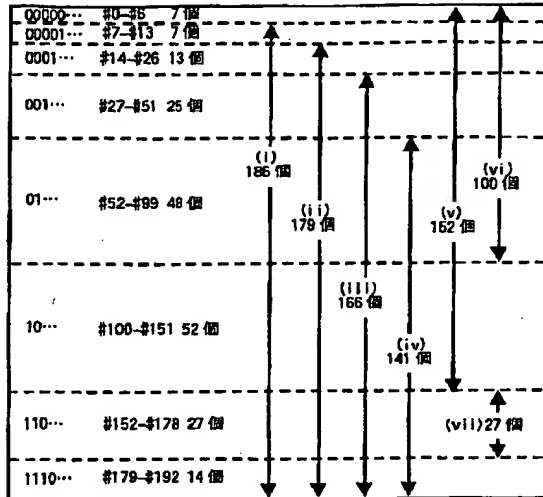


【図3】

|      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,   | 1,   | 2,   | 3,   | 4,   | 5,   | 6,   | 8,   |
| 9,   | 10,  | 11,  | 12,  | 13,  | 14,  | 16,  | 17,  |
| 18,  | 19,  | 20,  | 21,  | 22,  | 24,  | 25,  | 26,  |
| 27,  | 28,  | 29,  | 32,  | 33,  | 34,  | 35,  | 36,  |
| 37,  | 38,  | 40,  | 41,  | 42,  | 43,  | 44,  | 45,  |
| 46,  | 48,  | 49,  | 50,  | 51,  | 52,  | 53,  | 54,  |
| 56,  | 57,  | 58,  | 59,  | 64,  | 65,  | 66,  | 67,  |
| 68,  | 69,  | 70,  | 72,  | 73,  | 74,  | 75,  | 76,  |
| 77,  | 78,  | 80,  | 81,  | 82,  | 83,  | 84,  | 85,  |
| 86,  | 88,  | 89,  | 90,  | 91,  | 92,  | 93,  | 96,  |
| 97,  | 98,  | 99,  | 100, | 101, | 102, | 104, | 105, |
| 106, | 107, | 108, | 109, | 110, | 112, | 113, | 114, |
| 115, | 116, | 117, | 118, | 128, | 129, | 130, | 131, |
| 132, | 133, | 134, | 136, | 137, | 138, | 139, | 140, |
| 141, | 142, | 144, | 145, | 146, | 147, | 148, | 149, |
| 150, | 152, | 153, | 154, | 155, | 156, | 157, | 160, |
| 161, | 162, | 163, | 164, | 165, | 166, | 168, | 169, |
| 170, | 171, | 172, | 173, | 174, | 176, | 177, | 178, |
| 179, | 180, | 181, | 182, | 184, | 185, | 186, | 187, |
| 192, | 193, | 194, | 195, | 196, | 197, | 198, | 200, |
| 201, | 202, | 203, | 204, | 205, | 206, | 208, | 209, |
| 210, | 211, | 212, | 213, | 214, | 216, | 217, | 218, |
| 219, | 220, | 221, | 224, | 225, | 226, | 227, | 228, |
| 229, | 230, | 232, | 233, | 234, | 235, | 236, | 237, |
| 238  |      |      |      |      |      |      |      |

【図 4】

図 4

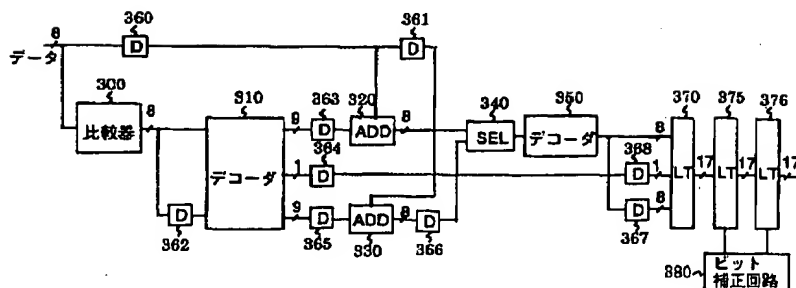


【図 5】

図 5

| ユーザデータ        |            | 中心ビット |    | 備考  |
|---------------|------------|-------|----|-----|
| x0            | x1         | y0    | y1 |     |
| 1 x0<186      | x1<186     | +7    | 0  | (a) |
| 2 186≤x0      | 186≤x1     | -104  | 1  | (f) |
| 3 186≤x0      | 104≤x1<186 | -104  | 1  | (f) |
| 4 104≤x0<186  | 186≤x1     | -104  | 1  | (f) |
| 5 x0<100      | 186≤x1<213 | 0     | 1  | (g) |
| 6 186≤x0<213  | x1<100     | -34   | 1  | (g) |
| 7 x0<41       | 213≤x1<254 | 0     | 1  | (f) |
| 8 41≤x0<82    | 213≤x1<254 | 0     | 1  | (f) |
| 9 213≤x0<254  | x1<41      | -213  | 1  | (f) |
| 10 213≤x0<254 | 41≤x1<82   | -172  | 1  | (f) |
| 11 x0<82      | x1=254     | +27   | 0  | (c) |
| 12 x0<82      | x1=255     | +109  | 0  | (c) |
| 13 x0=254     | x1<82      | -253  | 0  | (c) |
| 14 x0=255     | x1<82      | -254  | 0  | (c) |
| 15 94≤x0<96   | 213≤x1     | -92   | 0  | (d) |
| 16 96≤x0<98   | 213≤x1     | -94   | 0  | (d) |
| 17 98≤x0<100  | 213≤x1     | -96   | 0  | (d) |
| 18 100≤x0<102 | 186≤x1<236 | -98   | 0  | (d) |
| 19 213≤x0     | 94≤x1<96   | -199  | 0  | (d) |
| 20 213≤x0     | 96≤x1<98   | -156  | 0  | (d) |
| 21 213≤x0     | 98≤x1<100  | -113  | 0  | (d) |
| 22 186≤x0<236 | 100≤x1<102 | -43   | 0  | (d) |
| 23 100≤x0<102 | 236≤x1<250 | -96   | 0  | (e) |
| 24 x0=100     | 250≤x1     | -94   | 0  | (e) |
| 25 x0=101     | 250≤x1     | -95   | 0  | (e) |
| 26 x0=102     | 186≤x1     | -102  | 0  | (b) |
| 27 x0=103     | 186≤x1     | -103  | 0  | (b) |
| 28 236≤x0<250 | 100≤x1<102 | -57   | 0  | (e) |
| 29 250≤x0     | x1=100     | -71   | 0  | (e) |
| 30 250≤x0     | x1=101     | -65   | 0  | (e) |
| 31 186≤x0     | x1=102     | -134  | 0  | (b) |
| 32 186≤x0     | x1=103     | -64   | 0  | (b) |
| 33 82≤x0<85   | 213≤x1     | -78   | 0  | (e) |
| 34 85≤x0<88   | 213≤x1     | -81   | 0  | (e) |
| 35 88≤x0<91   | 213≤x1     | -84   | 0  | (e) |
| 36 91≤x0<94   | 213≤x1     | -87   | 0  | (e) |
| 37 213≤x0     | 82≤x1<85   | -206  | 0  | (e) |
| 38 213≤x0     | 85≤x1<88   | -163  | 0  | (e) |
| 39 213≤x0     | 88≤x1<91   | -120  | 0  | (e) |
| 40 213≤x0     | 91≤x1<94   | -77   | 0  | (e) |

【図 6】



9 図

【図 7】

図 7

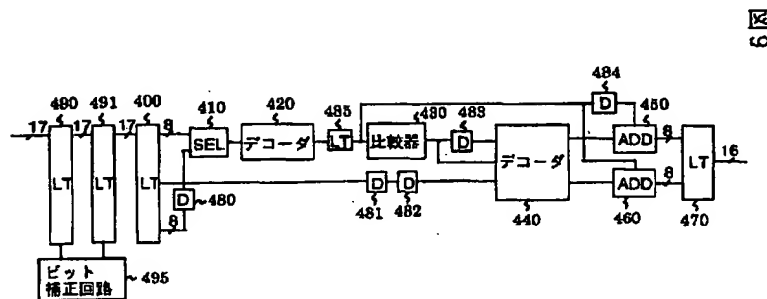
|      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.   | 1.   | 2.   | 3.   | 4.   | 5.   | 6.   | 255. |
| 7.   | 8.   | 9.   | 10.  | 11.  | 12.  | 13.  | 255. |
| 14.  | 15.  | 16.  | 17.  | 18.  | 19.  | 20.  | 255. |
| 21.  | 22.  | 23.  | 24.  | 25.  | 26.  | 255. | 255. |
| 27.  | 28.  | 29.  | 30.  | 31.  | 32.  | 33.  | 255. |
| 34.  | 35.  | 36.  | 37.  | 38.  | 39.  | 40.  | 255. |
| 41.  | 42.  | 43.  | 44.  | 45.  | 46.  | 47.  | 255. |
| 48.  | 49.  | 50.  | 51.  | 255. | 255. | 255. | 255. |
| 52.  | 53.  | 54.  | 55.  | 56.  | 57.  | 58.  | 255. |
| 59.  | 60.  | 61.  | 62.  | 63.  | 64.  | 65.  | 255. |
| 66.  | 67.  | 68.  | 69.  | 70.  | 71.  | 72.  | 255. |
| 73.  | 74.  | 75.  | 76.  | 77.  | 78.  | 255. | 255. |
| 79.  | 80.  | 81.  | 82.  | 83.  | 84.  | 85.  | 255. |
| 86.  | 87.  | 88.  | 89.  | 90.  | 91.  | 92.  | 255. |
| 93.  | 94.  | 95.  | 96.  | 97.  | 98.  | 99.  | 255. |
| 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. |
| 100. | 101. | 102. | 103. | 104. | 105. | 106. | 255. |
| 107. | 108. | 109. | 110. | 111. | 112. | 113. | 255. |
| 114. | 115. | 116. | 117. | 118. | 119. | 120. | 255. |
| 121. | 122. | 123. | 124. | 125. | 126. | 255. | 255. |
| 127. | 128. | 129. | 130. | 131. | 132. | 133. | 255. |
| 134. | 135. | 136. | 137. | 138. | 139. | 140. | 255. |
| 141. | 142. | 143. | 144. | 145. | 146. | 147. | 255. |
| 148. | 149. | 150. | 151. | 255. | 255. | 255. | 255. |
| 152. | 153. | 154. | 155. | 156. | 157. | 158. | 255. |
| 159. | 160. | 161. | 162. | 163. | 164. | 165. | 255. |
| 166. | 167. | 168. | 169. | 170. | 171. | 172. | 255. |
| 173. | 174. | 175. | 176. | 177. | 178. | 255. | 255. |
| 179. | 180. | 181. | 182. | 183. | 184. | 185. | 255. |
| 186. | 187. | 188. | 189. | 190. | 191. | 192. | 255. |
| 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. |
| 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. | 255. |

【図 8】

図 8

|    | 信号結果                |           |                     | 補正值  |      | 備考 |
|----|---------------------|-----------|---------------------|------|------|----|
|    | z0                  | 中心<br>ビット | z1                  | r0   | r1   |    |
| 1  | $z0 > 7$            | 0         | $z1 > 7$            | -7   | -7   |    |
| 2  | $82 \leq z0 < 152$  | 1         | $82 \leq z1 < 152$  | +104 | +104 |    |
| 3  | $82 \leq z0 < 152$  | 1         | $z1 < 82$           | +104 | +104 |    |
| 4  | $z0 < 82$           | 1         | $82 \leq z1 < 152$  | +104 | +104 |    |
| 5  | $z0 < 100$          | 1         | $152 \leq z1 < 179$ | 0    | +34  |    |
| 6  | $152 \leq z0 < 179$ | 1         | $z1 < 100$          | +34  | 0    |    |
| 7  | $z0 < 41$           | 1         | $z1 < 41$           | 0    | +213 |    |
| 8  | $41 \leq z0 < 82$   | 1         | $z1 < 41$           | 0    | +213 |    |
| 9  | $z0 < 41$           | 1         | $41 \leq z1 < 41$   | +213 | -41  |    |
| 10 | $41 \leq z0 < 82$   | 1         | $41 \leq z1 < 82$   | +172 | 0    |    |
| 11 | $27 \leq z0 < 109$  | 0         | $z1 = 1$            | -27  | +253 |    |
| 12 | $109 \leq z0 < 181$ | 0         | $z1 = 1$            | -109 | +254 |    |
| 13 | $z0 = 1$            | 0         | $27 \leq z1 < 109$  | +253 | -27  |    |
| 14 | $z0 = 1$            | 0         | $109 \leq z1 < 82$  | +254 | -109 |    |
| 15 | $2 \leq z0 < 4$     | 0         | $14 \leq z1 < 57$   | +82  | +189 |    |
| 16 | $2 \leq z0 < 4$     | 0         | $57 \leq z1 < 100$  | +84  | +156 |    |
| 17 | $2 \leq z0 < 4$     | 0         | $100 \leq z1 < 143$ | +96  | +113 |    |
| 18 | $2 \leq z0 < 4$     | 0         | $143 \leq z1 < 193$ | +98  | +43  |    |
| 19 | $14 \leq z0 < 57$   | 0         | $2 \leq z1 < 4$     | +199 | +82  |    |
| 20 | $57 \leq z0 < 100$  | 0         | $2 \leq z1 < 4$     | +156 | +94  |    |
| 21 | $100 \leq z0 < 143$ | 0         | $2 \leq z1 < 4$     | +113 | +96  |    |
| 22 | $143 \leq z0 < 193$ | 0         | $2 \leq z1 < 4$     | +43  | +98  |    |
| 23 | $4 \leq z0 < 6$     | 0         | $179 \leq z1 < 193$ | +96  | +57  |    |
| 24 | $z0 = 6$            | 0         | $179 \leq z1 < 185$ | +94  | +71  |    |
| 25 | $z0 = 6$            | 0         | $185 \leq z1 < 191$ | +95  | +65  |    |
| 26 | $z0 = 0$            | 0         | $52 \leq z1 < 122$  | +102 | +134 |    |
| 27 | $z0 = 0$            | 0         | $122 \leq z1 < 192$ | +103 | +54  |    |
| 28 | $179 \leq z0 < 193$ | 0         | $4 \leq z1 < 6$     | +57  | +96  |    |
| 29 | $179 \leq z0 < 185$ | 0         | $x1 = 6$            | +71  | +94  |    |
| 30 | $185 \leq z0 < 191$ | 0         | $z1 = 6$            | +65  | +95  |    |
| 31 | $52 \leq z0 < 122$  | 0         | $z1 = 0$            | +134 | +102 |    |
| 32 | $122 \leq z0 < 182$ | 0         | $z1 = 0$            | +54  | +103 |    |
| 33 | $4 \leq z0 < 7$     | 0         | $7 \leq z1 < 50$    | +78  | +206 |    |
| 34 | $4 \leq z0 < 7$     | 0         | $50 \leq z1 < 93$   | +81  | +163 |    |
| 35 | $4 \leq z0 < 7$     | 0         | $93 \leq z1 < 136$  | +84  | +120 |    |
| 36 | $4 \leq z0 < 7$     | 0         | $136 \leq z1 < 179$ | +87  | +77  |    |
| 37 | $7 \leq z0 < 50$    | 0         | $4 \leq z1 < 7$     | +206 | +78  |    |
| 38 | $50 \leq z0 < 93$   | 0         | $4 \leq z1 < 7$     | +163 | +81  |    |
| 39 | $93 \leq z0 < 136$  | 0         | $4 \leq z1 < 7$     | +120 | +84  |    |
| 40 | $136 \leq z0 < 179$ | 0         | $4 \leq z1 < 7$     | +77  | +87  |    |

【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 奈良 孝  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株  
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 上原 陽一  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株  
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 井出 博史  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株  
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 塚野 匡子  
神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株  
式会社日立製作所システム開発研究所内

(72)発明者 渡部 善寿

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内